AUS DER MEDIZINISCHEN UNIVERSITÄTSKLINIK IN MARBURG
(Direktor: Prof. A. Schwenkenbecher)

Untersuchungen über die Verdaulichkeit roher und gekochter pflanzlicher Kost und die Auswirkung beider auf den menschlichen Organismus

INAUGURALDISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde in der Gesamten Medizin
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg

Vorgelegt von
Alfred Barth
aus Hersfeld

1935

DRUCKEREI DES TÜBINGER STUDENTENWERKS E. V.

Angenommen von der Medizinischen Fakultät in Marburg
am 28. Januar 1935
Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Referent: Prof. Eimer

Korreferent: Prof. Schwenkenbecher

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinem hochverehrten Lehrer
Herrn Professor Dr. A. Schwenkenbecher
in Dankbarkeit gewidmet!

Einleitung

Nicht nur in Laienkreisen, sondern auch bei Aerzten neigt man zu der Ansicht, daß die gesamte küchentechnische Bearbeitung unserer Nahrungsmittel, insbesondere also das Kochen, Braten, Backen, diese so verändern, daß sie erst im Anschluß an diesen vorbereitenden Prozeß für unser Verdauungssystem gut und ausreichend resorbierbar gemacht werden. Rohe Nahrungsmittel werden im allgemeinen für schlecht bekömmlich und wenig ausnutzbar gehalten. Insbesondere aber behauptet man dies von roher vegetabilischer Kost; abgesehen davon, daß sie meist als wenig appetitanregend und wenig schmackhaft gilt.

Von Noorden schreibt in seinem Handbuch der Ernährungslehre in dem Kapitel über die Ausnutzbarkeit der Vegetabilien dem Sinne nach Folgendes: Die der Eigenart des pflanzlichen Gewebes entspringenden Eigenarten der Verdauung, also im Wesentlichen schlechte Ausnütden Eigenarten der Verdauung, also im Wesentlichen schlechte Ausnüzzung des Nährstoffinhaltes, vermehrte Kotmasse, verstärkte Kohlehydratgärung (Zellulose) machen sich natürlich beim Genuß schlechtzerkleinerter Rohvegetabilien am stärksten geltend, und überhaupt bei Rohvegetabilien mehr als bei gekochten. Von Noorden sagt dann, daß Obst, Früchte und Nüsse anscheinend besser abschneiden als die übrigen Rohvegetabilien, weil bei erstgenannten die Zellwand- und Zwischensubstanz nach Rubner den lösenden Kräften des Darms verhältnismäßig geringeren Widerstand leisten. Es hätten sich nach Aufnahme von Obst, Früchten und Nüssen nur 17—20 % des Nahrungsstickstoffs im Kot wiedergefunden.

Hauer fand bei seinem Stoffwechselversuch an einem Vegetarier in den Ausscheidungen 38 % des Stickstoffs und 22 % des Fettes wieder. Bei Casparis Untersuchungen an Rohkosternährten gingen 20 % des Stickstoffs zu Verlust. Rubner hält den „physiologischen Nutzeffekt" bei Rohkosternährung nicht für ausreichend. Als physiologischen Nutzeffekt bezeichnet Rubner, wieviel, in Prozent ausgedrückt, von dem Brennwert einer Nahrung nach Abzug des Brennwertes von Harn und Kot dem Organismus zur Verfügung bleibt.

Von Noorden sagt auf Grund der Untersuchungen von Rubner und Caspari, daß der physiologische Nutzeffekt roher vegetabilischer Kost zwar unter Umständen ebenso gut sein könne wie bei der gekochten

Kost, die durch den Kochprozeß aufbereitet ist, daß dies aber bei weitem nicht immer der Fall sein müsse.

Kurzum, die Forscher sind in der Meinung einig, daß eine gemischte Kochkost gut ausgenützt werde, daß also ihr physiologischer Nutzeffekt gut oder zum mindesten ausreichend sei, während dies bei der vegetabilischen Kost im allgemeinen, insbesondere aber bei der rohen Pflanzenkost nicht der Fall sei.

Die Ansicht der ebengenannten Forscher ist aber nicht unbestritten geblieben. Schon lange vor dem Weltkrieg, etwa um das Jahr 1890, entstand eine Gegenbewegung. Diese Bewegung wurde zum Teil von ernst und exakt forschenden Wisesnschaftlern getragen, zum Teil aber von Menschen propagiert, die man wissenschaftlich in der damaligen Zeit nicht ernst nehmen konnte, und in der Zeit nach der Jahrhundertwende, als man sich immer intensiver mit der Lehre von der zweckmäßigen Ernährung beschäftigte, schlechterdings als Sektierer und bestenfalls als wissenschaftliche Utopisten bezeichnen mußte. Es ist dies die sogenannte Rohkostbewegung. Während früher ganz allgemein eine gemischte, vorwiegend aus animalischen Nährstoffen bestehende Kost für den Menschen nicht nur als zweckmäßig, sondern als einzig möglich betrahtet wurde, versuchten diese Forscher Beweise dafür zu erbringen, daß die animalische Kost für den Menschen schädlich, und daß die pflanzliche Kost das Zweckmäßige, weil früher allgemein Uebliche für den menschlichen Organismus sei. Wissenschaftliche Hauptvertreter dieser Richtung waren und sind zum Teil heute noch Bircher-Benner, Hindhede, Ragnar Berg. Eine schlagkräftige Unterstützung für ihre Ansichten fanden diese Forscher in der Lösung der Frage nach einer ausreichenden Ernährung in den letzten Jahren des Weltkrieges, während derer insbesondere Deutschland ohne die gewohnten Mengen an animalischen Nährstoffen auskommen mußte und in der Tat auskam.

In der Mitte zwischen diesen beiden Forschergruppen stehen die Männer, die heute objektiv die Frage zu klären versuchen, welche Kostform für den gesunden und kranken Menschen zweckmäßig ist. Diese Forscher haben in jahrelangen Versuchen die Ausnutzungsmöglichkeit der verschiedenen Kostformen physiologisch und chemisch untersucht. Ich nenne von diesen Forschern Eimer und Heupke. Auf Grund dieser Untersuchungen steht heute fest, daß der menschliche Organismus sehr wohl imstande ist, bei rein vegetabilischer Kost zu leben und sogar trotz angestrengter körperlicher und geistiger Arbeit keinen wesentlichen Substanzverlust zu erleiden.

Meine Untersuchungen hatten die Aufgabe, in einem Eigenversuch festzustellen, wie der gesunde menschliche Organismus zunächst eine pflanzliche Rohkost, danach dieselbe Kostform in gekochtem Zustande und zuletzt eine gemischte Kost ausnutzt, nachdem die Versuchsperson

vor Beginn der Versuchsreihe auf gemischte Kost eingestellt gewesen war. Ferner sollte geprüft werden, welche Auswirkungen auf den Organismus sich bei den verschiedenen Kostformen feststellen lassen.

Zunächst will ich im Folgenden die Hauptbelege anführen, mit denen die Forscher von den verschiedenen Richtungen her ihre Methoden und Ansichten einer zweckmäßigen Ernährung erklären und für gerechtfertigt halten.

Die älteren Autoren gingen zunächst einmal der Frage nach, ob es überhaupt möglich sei, mit einer rein vegetabilischen Kost die Lebensnotwendigkeiten des gesunden menschlichen Organismus zu befriedigen.

Sehr frühzeitig beschäftigte man sich in denjenigen Ländern mit dieser Frage, in denen sich die Bevölkerung schon seit Menschengedenken pflanzlich ernährt. Aus Japan liegen Arbeiten vor, die schon vor 1890 eingehend diesen Fragen nachgehen. So untersuchte Taniguti japanische Heeresangehörige, und zwar bei Reiskost mit verschiedenen pflanzlichen Zugaben. Er erzielte bei 10,35 gr N in der pflanzlichen Nahrung Stickstoffansatz. Im Gesamtdurchschnitt gingen etwa 20 % des N mit dem Kot ab. Kumagava setzte während eines Selbstversuches Eiweiß an bei einer rein pflanzlichen Ernährung, welche pro kg Körpergewicht 0.18 gr N und 53.8 Kalorien enthielt. Diese Kost war also nicht nur ausreichend, sondern, was bei der reichlichen Kalorienzahl nicht verwunderlich ist, überreichlich für ihn. Kellner und Mori meinen allerdings, bei der im Inneren Japans üblichen vegetabilischen Kost müsse man schon etwa 2000 g gekochten Reis und Gerste nebst einer entsprechenden Menge von Wurzelgewächsen und Gemüsen zu sich nehmen, um dem Körper so viel Nährstoff zuzuführen, daß er im Stickstoffgleichgewicht bleibt.

Durch die zunehmende Beliebtheit der vegetarischen Lebensweise in Europa und vor allem auch in Deutschland wurden dann unsere deutschen Wissenschaftler angeregt, die Zweckmäßigkeit einer solchen Ernährung zu erforschen.

Voit und Constannidi machten ihre Versuche an einem 28jährigen Mann von 162 cm Körperlänge und 57 kg Körpergewicht. Dieser Mann hatte sich schon 3 Jahre lang streng vegetarisch ernährt. Während der Versuchsperiode aß er Pumpernickel, Grahambrot, Aepfel, Feigen, Datteln, Orangen und Oel, wobei er pro kg Körpergewicht 0,94 g N zu sich nahm. Das Körpergewicht schwankte nur in ganz geringen Graden. Stickstoffgleichgewicht bestand. Rumpf und Schumm machten ihre Untersuchungen unter etwa den gleichen Bedingungen an einem 19jährigen Mann, nur daß dieser pro kg Körpergewicht etwa 1.18 g N zu sich nahm. Albu untersuchte eine Frau von nur 130 cm Körpergröße und 37.5 kg Körpergewicht. Sie nahm pro kg Körpergewicht 0.9 g N auf und befand sich bei streng vegetarischer Kost im Gleichgewicht.

Caspari gind den Problemen mit großer Gründlichkeit nach. Er veröffentlichte seine Erfahrungen in einer sehr umfangreichen Arbeit. Als Ergebnis stellte er fest, daß eine rein pflanzliche Kost, selbst rein pflanzliche Rohkost, einen jungen, kräftigen Organismus auf höchster Stufe körperlicher und geistiger Leistungsfähigkeit erhalten kann. Er hält sie aber unzweckmäßig, denn die Ausnutzung des Eiweißes betreffend stellte er fest, daß selbst bei der besten Ausnutzung vegetarischen Nährmaterials die schlechteste Ausnutzung gemischter Kost nicht erreicht wird. Als Hauptgrund für die schlechte Ausnutzung sieht er die Zellulosehüllen an, glaubt aber, daß durch Kochen bessere Ergebnisse erzielt werden können. Weitere Gründe für die schlechte Ausnutzung seien die Reizlosigkeit und schlechte Schmackhaftigkeit der vegetabilen Kost und ihr großes Volumen.

Während die eingangs zitierten Autoren nur über Ausnutzung pflanzlicher Kost im allgemeinen sich aussprachen, finden wir bei Caspari zum ersten Male die Wertbeurteilung zu Gunsten der gekochten gegenüber der ungekochten pflanzlichen Kost. Und über diese Frage ist in der Folgezeit ein heftiger Kampf entbrannt, der in allerletzter Zeit hauptsächlich auf Grund der Forschungen von Eimer und Heupke in das entscheidende Stadium eingetreten ist.

Bei diesem Kampf der Meinungen geht es hauptsächlich um die Frage, ob rohe Vegetabilien genügend gut ausgenutzt werden, um dem menschlichen Organismus als hinreichender Energiespender dienen zu können, und zweitens um die Frage, ob das pflanzliche Eiweiß das tierische Eiweiß ersetzen kann oder sogar als ihm gleichwertig angesehen werden kann.

Ferrari sagt in seiner Arbeit über die Ausnutzung gemischter Kost, daß tierische Nahrung als Kostbestandteil die Ausnutzung des Eiweißes fördert. Die schlechte Ausnutzung zellulosereicher Nahrung beruhe nicht auf der Unangreifbarkeit von Stärke und Eiweiß durch die Fermente, sondern auf der kurzen Verweildauer allein gegebener zellulosereicher Kost im Verdauungskanal. Die Ansicht von Noordens, die ich schon eingangs erwähnt habe, ist die, daß er meint, durch die Unangreifbarkeit der Zellulosehüllen sei eine gute Ausnutzung bei den meisten Rohvegetabilien garnicht möglich; dagegen könne durch den Kochprozeß eine bessere Ausnutzung erzielt werden.

Ragnar Berg hat in jahrelangen Versuchen geprüft, ob man durch die Verschiebung des Schwerpunktes der Nahrung nach der vegetabilen Seite hin trotz geringer Eiweißmengen Stickstoffgleichgewicht erhalten kann. Er stellte in seinen Untersuchungen fest, daß nur dann der Organismus bei vegetabilischer Kost keine Einbuße erleidet, wenn ein bestimmter Basenüberschuß in der Nahrung vorhanden ist, wie das durch eine vorwiegend vegetabilische Nahrung geschieht.

Eimer und Paul haben in ihren Untersuchungen „Ueber den Eiweißstoffwechsel unter Rohkost bei gleichzeitigem sportlichen Training" klargestellt, daß der Organismus junger Menschen sehr wohl mit einer strengen, äußerst eiweißarmen Ernährung auszukommen vermag. Die Untersuchungen haben sogar erwiesen, daß im Training bei dieser Kostform eine erhebliche Leistungssteigerung eintreten kann. Außerdem bewiesen die Untersuchungen, daß die pflanzlichen Nährstoffe von allen drei Versuchspersonen ganz ausgezeichnet ausgenutzt wurden. Trotzdem nämlich die Versuchspersonen in der Rohkostperiode nur 50—55 g Eiweiß mit 8—9 g N gegenüber 100 g Eiweiß mit etwa 16 g N in der Gemischkostperiode zu sich nahmen, blieben alle drei Versuchspersonen im Stickstoffgleichgewicht.

Sehr interessant sind die Verschiebungen, die während dieser Versuche in der Stickstoffausfuhr auftraten. Während bei Normalkost im Harn durchschnittlich 12 g N ausgeschieden wurden, waren es während der Rohkostperiode durchschnittliche Werte um 5 g. Demgegenüber nahm die N-Ausscheidung im Stuhl zu. Sie stieg von 1.51 g auf 1.63 g. Legt man nun für die Normalkost 100 g Nahrungseiweiß, für die Rohkost 50 g Nahrungseiweiß zugrunde und errechnet man den Prozentsatz des mit dem Stuhl abgehenden Eiweißes, so ergeben sich doch erheblich größere Differenzen. Die Menge des unausgenutzten Nahrungseiweißes steigt von durchschnittlich 9.3 % auf etwa 20 % in der Rohkostperiode an. Diese Zahlen müssen den Anschein erwecken, als ob das mit der Rohkost angebotene Eiweiß erheblich schlechter ausgenützt würde, als das der gemischten Kost. Demgegenüber aber besteht die Tatsache, die seit den Untersuchungen von Caspari auch durch viele andere Autoren, insbesondere durch Lissauer bestätigt wurde, daß gerade in voluminösen Rohkoststühlen erheblich mehr N sich findet, der aus Bakterien, Darmepithelien und nichtrückresorbierten Darmsekten besteht, als in Normalkoststühlen, so daß sich hieraus die scheinbar schlechtere Eiweißausnutzung bei Rohkost hinreichend erklärt.

Neben diesen Bestimmungen der N-Zu- und Ausfuhr bestimmten die Verfasser den Brennwert des trockenen Stuhls bei Normal- und Rohkost, um hierdurch ergänzend die Nährstoffausnützung vergleichen zu können. Es ergab sich bei Rohkost ein täglicher Verlust von 191 Kalorien gegenüber 112,5 Kalorien bei Normalkost. Dieses Mehr von 80 Kalorien ist leicht zu erklären durch die unverdaulichen Zellulosebestandteile der pflanzlichen Nahrung. Wir finden also in den Versuchsergebnissen von Eimer und Paul nicht nur ein Bestehenbleiben des Stickstoffgleichgewichts, sondern eine wirklich gute Ausnutzung aller angebotenen Nährstoffe, insbesondere auch des Eiweißes.

Die Verfasser halten es in Uebereinstimmung mit den Versuchen von Ragnar Berg für durchaus möglich, daß das Bestehen des Stickstoff-

gleichgewichtes trotz der geringen Eiweißzufuhr auf Grund des in der Nahrung vorhandenen Basenüberschusses ermöglicht wurde.

Aus den Ergebnissen der zuletzt beschriebenen Untersuchungen sehen wir, daß ein grundlegender Unterschied besteht zwischen den Anschauungen, wie wir sie bei den älteren Forschern und auch manchen noch jetzt lebenden Autoren finden, und den Versuchsergebnissen über die Ausnutzung pflanzlicher Kost aus der jüngsten Zeit. Es sei mir deshalb gestattet, nochmals auszuholen und die Vorstellungen, die man bisher über die Art und Weise hatte, wie die pflanzlichen Nahrungsbestandteile überhaupt dem Verdauungsprozeß zugänglich gemacht werden und wie angeblich durch den Kochprozeß die Verdauungsmöglichkeit pflanzlicher Nährstoffe gehoben wird, klarzulegen.

Von Noorden schreibt im „Handbuch der Ernährungslehre" „Ueber Gemüseverdauung: . . . . „zwischen dem leichtverdaulichen Inhalt der Pflanzenzellen und den Verdauungssäften steht gleichsam als Schutzwehr die Zellwand, wozu nicht nur die Zellmembran im eigentlichen Sinne, sondern auch die zwischen den Zellen ausgespannten Scheidewände (Mittellamellen) und Stützgewebe rechnen. Inwieweit das leichtverdauliche Zellprotoplasma den Angriffen verdauender Kräfte erliegt und resorbiert werden kann, hängt davon ab, in welchem Umfange die einhüllende Scheidewand standhält. Nur wenn diese chemisch oder mechanisch zersprengt wird, erlangen jene Kräfte freien Zutritt zum Inneren der Zelle n. Wir begünstigen dies küchentechnisch durch Zerkleinern und durch Hitze, außerdem helfen eigene Kräfte des Verdauungskanals mit. . ." Dann heißt es dem Sinne nach weiter: Die Aufschließung der Zellen kann scheitern an der Zusammensetzung der Zellwände selbst, an ungenügender mechanischer und thermischer Vorarbeit, oder an ungenügender Leistung des Darmkanals. Kochen und Zerkleinern tragen viel zum Freilegen der Nährstoffe bei. Trotzdem bleiben viele Zellverbände unversehrt. Zellulose und Hemizellulose lösen sich beim Kochen nicht; immerhin wird die Mittellamelle zum Quellen gebracht und dadurch je nach Material in verschiedenen Graden weniger widerstandsfähig, wie A. Schmidt, auf dessen Untersuchungen ich weiter unten noch zu sprechen komme, gezeigt hat.

Da im Darm keine zelluloselösenden Fermente vorhanden sind, müssen nach von Noordens Ansicht Bakterien diese Arbeit verrichten; hiefür sind die Buttersäurebakterien verantwortlich, die im Coecum und proximalen Colon einen Teil der Nährstoffe durch Buttersäuregärung freimachen.

Von Noorden sagt dann: „Es ist dringend erforderlich, das jetzt in Fluß gebrachte Problem der Zellwandverdauung emsig weiter zu bearbeiten. Denn zweifellos gipfelt die Frage der Verdaulichkeit der

Pflanzenkost im Verhalten der Zellwand gegenüber den sie lösenden Kräften".

Nach von Noorden sind für die Verdaulichkeit der Gemüse folgende Gesichstpunkte maßgebend:

1. ob die Pflanzenteile jung oder alt sind
2. ob die Gemüse roh oder gekocht sind.

Jüngere Teile sind leichter bekömmlich, weil Hemizellolose vorwiegt gegenüber Zellulose. Beim Kochen handelt es sich nach seiner Ansicht nicht um chemische Umwandlung der Protoplasmahüllen. Zellulose, Hemizellulose, Pentosane, Lignine bleiben in ihrer Struktur erhalten. Die Hauptwirkung der Hitze bestehe im Aufquellen der Mittellamelle und der Zellwände. Letztere werden teilweise zersprengt. (Ausfließen von Saft beim Dämpfen ohne Wasser). Die durch das Kochen bedingte Lockerung erleichtert des Zerkleinern beim Kauen und den Angriff aller lösenden Kräfte auf das Pflanzengewebe im Darm. Schon oberflächliche Betrachtung lehre, daß selbst bei völlig gesunden Menschen von pflanzlichen Rohstoffen wohlerkennbare Teile und Teilchen in den Kot übergehen, und mikroskopische Untersuchungen unter Zuhilfenahme von Färbemitteln besonders Jod lehren, daß die Zellen noch voll nährender Stoffe seien. Bei gekochtem Gemüse finden sich gröbere Stücke oft garnicht.

Der wichtigste Erfolg des Kochens ist nach von Noordens Ansicht das Aufschließen, Lockern und Quellen der Zellwand- und Fasersubstanz. Das ganze Gewebe wird derartig gelockert, daß schon leichter Zug oder Druck genügt, es zu zerteilen. Außerdem wird die Angriffsfläche vergrößert und die mechanische Reizwirkung verringert, was dur' küchentechnische Hilfsmittel in Form des Mörsers oder der verschiedenartigen Siebe noch erleichtert wird.

Lohrisch fand bei Untersuchungen über die Verdaulichkeit der Zellulose, daß diese unabhängig war vom Alter, dem Ursprung und der Zartheit der Faser. Lohrisch glaubt auf Grund seiner Untersuchungen über die Bedeutung der Zellulose im Haushalt des Menschen berechtigt zu sein folgende Rückschlüsse zu ziehen: Die Zellulose wird im Verdauungskanal des Menschen zu einem größeren oder kleineren Teil je nach ihrem Alter und ihrer Abstammung gelöst. Lohrisch stellt sich den Vorgang der Lösung so vor, daß die Zellulose unter der Einwirkung eines oder mehrerer bisher noch nicht bekannter ungeformter Fermente in ein lösliches Stadium übergeführt wird, in dem sie je nach der Resorptionskraft des Darms mehr oder weniger ausgiebig resorbiert werden kann. Es liegen keinerlei Anhaltspunkte dafür vor, meint Lohrisch, daß die Lösung der Zellulose im menschlichen Darm ausschließlich durch Gärungs- und Fäulnisvorgänge unter der Einwirkung von Bakterien erfolgt. Wahrscheinlich könne Lösung und Gärung zusammen

vorkommen. Nach Lohrischs Ansicht dürfte es die vornehmste Aufgabe sein, in weiteren Untersuchungen die zelluloselösenden Fermente zu finden.

Rubner untersuchte die Verdaulichkeit von Mohrrüben, Wirsingkohl, Erdbeeren und Aepfeln. Die Untersuchungen wurden in getrennten Versuchsreihen an zwei gleichbleibenden Versuchspersonen durchgeführt. Rubner stellte fest, daß die Zellmembran recht gut verdaut wird. Bei Mohrrüben zeigte sich beispielsweise eine Resorption von 94.08 % der Zellmembranen. Bei Kohlrüben lagen die Verhältnisse schon ungünstiger; hauptsächlich mußte darauf geachtet werden, daß holzige Kohlrüben nicht in der Nahrung gegeben wurden. Auch bei Erdbeeren und Aepfeln errechneten sich recht hohe Ausnutzungswerte für die Zellmembranen.

Von Noorden schreibt: Wie sich die Verdauung der Zellwand im einzelnen auch abspielen mag, jedenfalls verschwinden von letzterer ansehnliche Teile im Darm. Um Klarheit zu gewinnen, wie sich im menschlischen Darm bei verschiedenartiger Zubereitung Einfuhr und Ausfuhr verhalten, ist nach der neuen Darlegung Rubners so gut wie alle Arbeit noch zu leisten. Die alten Rohfaserausnutzungsbestimmungen, die sich bei Lohrisch finden, genügen nach Ansicht von Rubner durchaus nicht mehr; sie liefern nur Teilwerte; das Gleich egilt von den zweifellos sehr dankenswerten Untersuchungen von Lohrisch über Zelluloseresorption.

Die Fragestellung bei allen diesen Untersuchungen spitzt sich also mehr oder weniger nach der Richtung hin zu, daß man zu prüfen versucht:

> Kann aus rohen unversehrten Pflanzenzellen Nährmaterial überhaupt herausresorbiert werden?
>
> Ist es der Erfolg der Dickdarmgärung, wenn trotz der Unversehrtheit der pflanzlichen Nahrung ihr Nährwert ausgenutzt wird?
>
> Oder muß man etwa die Frage bejahen, die bisher von fast allen Forschern verneint wurde, nämlich die, ob es den im menschlichen Organismus wirksamen Fermenten nicht doch möglich sei, irgendwie in die unversehrte Pflanzenzelle einzudringen und die Nährstoffe aus ihr heraus zu resorbieren.

Biedermann beschäftigte sich schon 1919 mit dieser Frage. Er schreibt: „Die verhältnismäßig schlechte Ausnutzbarkeit der pflanzlichen Nahrungsmittel wird zumeist darauf bezogen, daß die in ihnen enthaltenen Nährstoffe der Einwirkung der Verdauungsfermente da-

durch entzogen sind, daß sie in Zellen eingeschlossen liegen, deren Wände aus einem Stoff bestehen, für welchen allen Wirbeltieren ein lösendes Ferment abgeht. Was nun die Frage angeht, ob Verdauungsmomente auch in unversehrte pflanzliche Zellen einzudringen imstande sind, so herrscht hierüber eine merkwürdige Unklarheit". Verfasser weist nach, daß Amylase die Fähigkeit besitzt, in unverletzte Zellen einzudringen, während dem Pepsin diese Fähigkeit abgeht. Auch Trypsin könne in die chemisch unveränderte Pflanzenzelle nicht eindringen.

Schmidt hat Untersuchungen darüber angestellt, wie die Gemüseverdauung beim Gesunden und beim Kranken vor sich geht, und welche zerkleinernde Funktion dem Magen zufällt.

Untersuchungen, die auf seine Veranlassung hin ausgeführt wurden, haben ergeben, daß der Grad der Gemüseverdauung respektive Gemüsezerkleinerung in Beziehung steht

1. zur Aufenthaltsdauer der Ingesta im Verdauungskanal derart, daß er im direkten Verhältnis mit dieser wächst und

2. zum Säuregehalt des Magensaftes derart, daß bei genügendem und noch mehr bei reichlichem Salzsäuregehalt des Mageninhaltes unveränderte Gemüsereste sehr viel spärlicher in den Faeces wiedererscheinen als bei fehlender Magensäure.

In seinen weiteren Ausführungen sagt Schmidt, daß das Pepsin und das „Pankreatin" für die Verdauung roher Gemüse gar keine Rolle spiele. Wichtig und bestimmend sei die Einwirkung von Salzsäure und anschließend Soda. Durch die aufeinanderfolgende Einwirkung von Salzsäure und Soda auf die rohen Gemüse werden die Mittellamellen gelöst, und die Zellverbände werden gelockert, sodaß im Experiment rohe Kartoffelstückchen beim bloßen Schütteln des Glases nach Einwirkung von Salzsäure und Soda zerfallen.

Schmidt glaubt, daß dies der einzige Weg für alle diejenigen Gemüse, die wir roh genießen ist, welcher zur Weiterzerkleinerung des gekauten Bissens führt, während bei den gekochten Speisen (Kartoffeln, Reis, Kohl, Wurzeln) schon vor der Aufnahme eine Lockerung der Zellkomplexe eintritt. Die Mittellamelle quillt nämlich und ballt sich klumpig zusammen beim Kochprozeß, aber sie wird nicht völlig gelöst und es gelingt nicht, durch Kochen eine so vollständige Isolierung der Zellen herzustellen wie bei der Salzsäure-Soda-Behandlung. Uebrigens ist nach Schmidts Ansicht der Kochprozeß häufig nur unvollkommen, sodaß keineswegs alle Zellhüllen gesprengt oder alle in den Zellen liegenden Stärkekörner verkleistert werden. Muß man doch selbst isolierte

Kartoffelzellen 5 Minuten lang kochen, bevor die Zellberstung durch die quellenden Amylumkörper im größeren Umfange eintritt.

Es fragt sich, ob durch die aufeinanderfolgende Einwirkung des sauren Magensaftes und des alkalischen Darminhaltes nur die in den Mittellamellen angehäuften Pektinstoffe gelöst und dadurch für die Verdauung vorbereitet werden, oder ob vielleicht Hemizellulosen und andere in den Gemüsen enthaltene Stoffe dadurch extrahiert werden. Ist schon eine scharfe Trennung zwischen Pektin und Hemizellulose chemisch überhaupt nicht möglich, so wurde bereits vor Jahren gefunden, daß 0.1—0.2 % Salzsäure in der Lage sind, bestimmte Hemizellulosen bei Körpertemperaturen nicht nur zu lösen, sondern hydrolytisch (zu Zucker) abzubauen. Wenn es sich dabei auch nur um sehr geringe Mengen handelt, so ist der Vorgang doch von prinzipieller Bedeutung, denn es ist nicht unwahrscheinlich, daß in Zellwänden, zumal von jungen Pflanzen, Hemizellulosen mit der eigentlichen Zellulose vereinigt wurden, vorkommen, so daß, wenn sie chemisch gelöst würden, dadurch den Verdauungssäften das Eindringen in das Zellinnere ermöglicht werden könne.

Aber es lösen sich bei fraktionierter Behandlung mit Salzsäure- und Sodalösung sicher noch viele andere Stoffe aus den Gemüsen, wie schon daraus ersichtlich ist, daß man aus trockenen Gemüsen fast den dritten Teil ihres Gewichtes auf diese Weise extrahieren kann.

Schmidt stellt zusammenfassend fest: Bei normalem und hohem Säuregehalt des Magens ist die chemische Zerkleinerung der pflanzlichen Nahrung und die Auflösung verschiedener Zellwandbestandteile möglich. Durch das Nacheinanderwirken von Salzsäure und Soda werden rohe Pflanzenzellen derart chemisch beeinflußt, daß ihr Inhalt für die Fermente angreifbar erscheint. Nicht die Bakterienflora des Dickdarms verdaut das Pflanzengewebe, sondern die Darmfermente im Anschluß an die Einwirkung von Salzsäure und Soda.

Die vorbeschriebenen Untersuchungsergebnisse von Schmidt haben für unsere Fragestellung schon eine wesentliche experimentelle Klärung geschaffen. Die Untersuchungen von Wilhelm Heupke haben nun sämtliche von den genannten Autoren über die Verdauung pflanzlicher Nahrung bisher vertretenen Anschauungen grundlegend widerlegt.

Auf Grund der Untersuchungen von Strasburger u. Strauß, nach denen Speichel und Duodenalsaft durch die unversehrte Zellwand in Kartoffelzellen eindringen und die Stärke nach Umwandlung in Traubenzucker aus den Zellen herausdiffundieren kann, hat Heupke weitergearbeitet. Er hat festgestellt, daß Fermente Membranen bei genügend großer Porenweite durchdringen können. Solche Membranen stellen offenbar die Wände von Pflanzenzellen dar. Denn wenn man Kartoffel-

stücke von 1 ccm Größe in Diastase legt, so ist in wenigen Stunden der Inhalt herausresorbiert. Natürlich wird die Stärke bei verschiedenen Pflanzenarten verschieden gut verdaut. Ebenso gut wie die Stärke wird nach den Untersuchungen Heupkes das Pflanzeneiweiß verdaut. Untersuchungen an verschiedenen Gemüsearten ergaben mit großer Regelmäßigkeit, daß drei Viertel des Eiweißes aus der geschlossenen Pflanzenzelle herausverdaut wird. Bei einem Patienten, dem der Dickdarm operativ entfernt war, konnte festgestellt werden, daß das Pflanzeneiweiß im Dünndarm fermentativ verdaut wird. Genau wie bei gekochten Gemüsen konnte Heupke die gute Verdaulichkeit aller Nährstoffe aus rohen Gemüsen und Früchten feststellen. Seine Versuche erstreckten sich auf die Eiweißausnutzung aus rohen Gemüsen, Salaten, Obstarten, Mandeln, Haselnüssen und Walnüsse. Ferner untersuchte er die Verdaulichkeit der Kleberzellen des Getreides und stellte fest, daß die Ausnutzung groben Brotes genau so gut wie des feinen Brotes ist. Durch die Untersuchungen mit Sojabohnen stellte Heupke auch die gute Verdaulichkeit des Fettes aus der geschlossenen Pflanzenzelle fest.

Am Schluß seiner Darstellungen sagt Heupke: „Die Nährstoffe der pflanzlichen Nahrungsmittel werden also auf ganz andere Art und Weise verdaut, als man es sich bisher vorgestellt hat. Die Zellwände brauchen nicht zerstört zu werden, und die Zellen sind auch größtenteils im Verdauungskanal nicht eröffnet, sondern die Fermente dringen durch die geschlossene Hülle ins Innere und verwandeln dort die kolloiden Nährstoffe Eiweiß, Kohlehydrate und das Fett in lösliche diffundible Verbindungen, welche aus den Zellen hinaus gelangen können. Dies gilt selbst für die dickwandigen Zellen der Kleie, aus denen das Eiweiß genau so gut herausresorbiert wird, wie aus den dünnwandigen Zellen der Gemüse".

Mit diesen bahnbrechenden Untersuchungen Heupkes ist nun der Ring geschlossen. Wir wissen heute, daß auch pflanzliche Kost, sowohl roh, wie gekocht, vom menschlichen Organismus verdaut und gut ausgenutzt wird.

Um nun Klarheit zu erhalten über die Ausnutzbarkeit pflanzlicher Kost in verschiedener Zubereitungsform durch ein- und dieselbe Person, haben wir in einem Selbstversuch diese Fragen geprüft. Um einen Vergleich mit den Ausnutzungsverhältnissen bei gemischter Kost anstellen zu können, haben wir nach Abschluß der Pflanzenkostperioden unsere Untersuchungen bei gemischter Kost fortgesetzt und so die Ausnutzung verschiedenster Kostformen durch ein- und denselben gesunden Organismus festgestellt. Hiermit sind wir der obenerwähnten Forderung Rubners nachgekommen. Gleichzeitig sollten unsere Untersuchungen dazu dienen, Heupkes Resultate nachzuprüfen, um unter Umständen seine Anschauungen stützen zu können.

Versuchsanordnung und Methodik

Wie ich schon in der Einleitung betont habe, hatte ich es mir zum Ziel gesetzt, folgende Untersuchungen anzustellen :

Eine gesunde Person sollte zunächst mit Rohkost ernährt werden, d. h., sie sollte eine Kostform erhalten, in der nur pflanzliche Bestandteile in ungekochtem Zustand enthalten waren. Anschließend daran sollte dieselbe Kost, die als Rohkost verzehrt worden war, gekocht als rein pflanzliche Kochkost verabreicht werden.

Zum Schluß sollte eine Kontrollperiode bei gemischter Normalkost durchgeführt werden.

Es lag uns daran, durch diesen Versuch an ein- und derselben Person die Ausnutzbarkeit pflanzlicher Nahrung in rohem und gekochtem Zustand zu prüfen. Außerdem wollten wir feststellen, ob in den einzelnen Perioden des Ernährungsversuches sich in den Ausscheidungen wesentliche Aenderungen ergaben, die auf ein verschiedenes Verhalten des Gesamtstoffwechsels schließen ließen. Zuguterletzt wollten wir den Einfluß der pflanzlichen Nahrung auf das allgemeine Befinden der Versuchsperson feststellen. Unter den obenangeführten Gesichtspunkten war die Zusammenstellung der Kost ziemlich schwierig. Denn die Kost mußte ja zunächst einmal roh, dann aber auch gekocht zu einer Kostform zu vereinigen und genießbar sein. Wir durften während der Rohkostperiode trotz des Wohlgeschmackes Salatplatten und Aehnliches nicht reichen, da wir diese während der Kochkostperiode nicht hätten verwenden können und umgekehrt. Es lag uns ja daran, in beiden Versuchsperioden dasselbe Nahrungsmaterial zu verwenden, um dann auch nach Abschluß der Versuchsreihe wirklich verwertbare Vergleiche ziehen zu können. Deswegen gaben wir schon in der Rohkostperiode reichlich Getreideflocken. Von den Gemüsen mußten wir, wie schon oben erwähnt, die reinen Salatgemüse ebenso unberücksichtigt lassen wie die reinen Kochgemüse. Zudem war die Auswahl an Gemüsen und Obst sehr gering, weil unsere Versuche während der Wintermonate stattfanden.

Während der Rohkostperiode (Tabelle I) war die Nahrung zusammengesetzt aus Weizenflocken, Haferflocken, Gries. Von Gemüsen wurden verwendet Weißkraut, Rotkraut, Karotten, Tomaten. Von Obst standen uns Bananen, Aepfel, Apfelsinen, Mandeln, Rosinen und Haselnüsse zur Verfügung. Der Fettbedarf wurde durch reines Olivenöl gedeckt. Neben den genannten Bestandteilen verwandten wir noch Bienenhonig. Um aber die Zusammenstellung in einer genießbaren Form zu ermöglichen, mußten wir 100 g Sahn, 50 g Milch und ein Eigelb hinzufügen. Jedoch fällt dies gegenüber der Gesamtnahrung kaum ins Gewicht, denn der Kalorienwert der animalischen Kostbeilage beträgt noch

Tabelle I

Mahlzeiten	Eiweiß in g	Fett in g	Kohlehydrate in g	Wasser in g	Kochsalz in g	Kalorien
1. Frühstück						
100 g Äpfel	0,4	—	13,0	82,0	2,0	58,0
20 g Haferflocken	2,88	11,56	13,3	1,96	40,6	79,0
30 g Haselnüsse	5,22	18,78	2,16	2,13	33,0	204,6
30 g Honig	0,12	—	24,3	5,55	—	100,2
10 g Zitronensaft	0,03	—	0,27	8,97	3,2	4,0
2. Frühstück						
400 g Äpfel	1,6	—	52,0	328,0	8,0	232,0
450 g Apfelsinen	2,7	—	40,5	269,55	31,5	203,5
Mittagessen						
200 g Weißkraut	3,0	0,4	8,4	184,2	184,0	50,0
50 g Weizenflocken	5,8	0,8	36,15	6,3	1,75	178,5
5 g Zwiebeln	0,065	0,005	0,047	4,39	2,25	2,2
80 g Äpfel	0,32	—	10,4	65,6	1,6	46,4
100 g Tomaten	0,9	—	3,4	79,9	110,0	33,0
70 g Olivenöl	—	69,58	0,14	0,245	170,0	647,5
10 g Zitronensaft	0,03	—	0,27	8,97	3,2	4,0
1 Eigelb	2,5	4,9	0,04	7,9	—	57,0
200 g Bananen	2,6	—	45,6	147,6	400,0	200,0
30 g Rosinen	0,48	0,36	19,86	7,62	51,0	88,5
20 g Mandeln	4,28	10,6	2,6	1,26	13,2	127,4
10 g Zitronensaft	0,03	—	0,27	8,97	3,2	4,0
50 g Milch	1,7	1,8	2,4	43,75	80,0	33,5
Abendessen						
30 g Gries	3,3	0,75	21,6	0,39	28,8	109,2
150 g Tomaten	1,35	—	5,1	119,85	165,0	49,5
100 g Äpfel	0,40	—	13,0	82,0	2,0	58,0
100 g Sahne	3,5	20,0	3,5	72,3	130,0	215,0
50 g Apfelsinen	0,4	—	6,3	42,15	3,5	30,5
20 g Weizenflocken	2,32	0,32	14,46	2,52	0,7	71,8
50 g Haselnüsse	8,7	31,3	3,6	3,55	55,0	341,0
10 g Zitronensaft	0,03	—	0,27	8,97	3,2	4,0
	55,655	161,155	322,937	1196,59	1525,80	3232,35

nicht den zehnten Teil des Brennwertes der Gesamtnahrung, und bei einer Eiweißaufnahme von insgesamt 55.65 g entfallen nur 7.7 g auf die animalische Kostbeilage.

Die Nahrung wurde während der Rohkostperiode in vier Mahlzeiten aufgenommen. Als erstes Frühstück wurde ein Müsli gereicht, wie es Bircher-Benner angegeben hat. Als zweites Frühstück gab es Obst in Form von Aepfeln, Bananen und Apfelsinen. Das Mittagessen wurde zu einer Gemüseplatte zusammengestellt. Abends wurde nochmals eine Gemüseplatte gereicht. Anschließend gab es noch ein Müsli. Um den Geschmack des Olivenöls etwas zu verdecken, wurde mit einem Eigelb und etwas Milch eine Mayonnaise gemacht, wodurch gleichzeitig die Schmackhaftigkeit der Gemüseplatte gehoben wurde. Der Kaloriengehalt betrug zunächst 3775 Kalorien. Doch sahen wir schon nach wenigen Tagen, daß die Versuchsperson mit weniger auskommen würde, sodaß wir nach 6 Tagen auf 3232 Kalorien herabgehen konnten und bei diesem Wert blieben. Die Rohkostperiode dauerte 15 Tage.

Beim Uebergang zur gekochten rein pflanzlichen Kost mußten wir verschiedene Aenderungen in der Zusammensetzung der Speisen vornehmen. Denn die Kost sollte genießbar und möglichst schmackhaft gestaltet werden, um nicht durch Widerwillen und Ekel vor der Nahrung die Versuchsergebnisse zu beeinflussen. (Tabelle II). Wir gaben also als erstes Frühstück eine Grütze, aus Getreideflocken und Olivenöl bestehend. Das zweite Frühstück bestand aus einem Obstauflauf. Zum Mittagessen wurde zunächst wieder eine Grütze verabreicht. Als Hauptgang folgte ein Gemüse- und ein Tomatenauflauf. Letzterer zeichnete sich durch besonderen Wohlgeschmack aus. Als Nachtisch gaben wir einen ausgezeichnet schmeckenden Auflauf, der aus Bananen, Rosinen, Mandeln und Milch hergestellt wurde. Nachmittags wurden gedämpfte Bananen gegessen und abends wurde nochmals ein gemischter Auflauf verabreicht. Kochsalz wurde zunächst überhaupt nicht zugesetzt. Wir gaben lediglich einen Maggiwürfel als Geschmackskorrigens, dessen Kochsalzgehalt mit 1,053 g NaCl bestimmt wurde.

Diese extrem kochsalzarme Kochkost konnte aber nur 9 Tage lang eingehalten werden. Im weiteren Verlauf unserer Untersuchungen mußten wir der pflanzlichen Kochkost Kochsalz zusetzen, weil sich bei der Versuchsperson infolge des faden Geschmacks Widerwille gegen die Nahrung einstellte. Wir gaben einen Tag lang 5 g NaCl und dann während weiterer 7 Tage 10 g NaCl zu den Speisen. Die Versuche mit pflanzlicher Kochkost wurden im ganzen 17 Tage lang durchgeführt.

Nachdem die Versuchsperson 32 Tage lang sich rein vegetarisch ernährt hatte, setzten wir unsere Untersuchungen noch 5 Tage lang bei gemischter Kost fort.

Tabelle II

Mahlzeit	Eiweiß in g	Fett in g	Kohlehydrate in g	Wasser in g	Kochsalz in g	Kalorien
1. Frühstück						
20 g Haferflocken	2,88	1,56	13,3	1,96	40,6	79,0
20 g Olivenöl	—	19,88	0,04	0,07	34,0	185,0
2. Frühstück						
300 g Äpfel	1,2	—	39,0	246,0	6,0	174,0
30 g Haselnüsse	5,22	10,78	2,16	2,13	33,0	204,0
30 g Honig	0,12	—	24,3	5,55	—	100,2
10 g Zitronensaft	0,04	—	0,27	8,97	3,2	4,0
Mittagessen						
50 g Weizenflocken	5,8	0,8	36,15	6,3	1,75	178,5
20 g Olivenöl	—	19,98	0,04	0,07	34,0	185,0
200 g Weißkraut	3,0	0,4	8,4	184,2	184,0	50,0
30 g Olivenöl	—	28,2	0,06	0,15	51,0	277,5
5 g Zwiebeln	0,065	0,005	0,047	4,39	2,25	2,25
100 g Tomaten	0,9	—	3,4	79,9	110,0	33,0
30 g Olivenöl	—	28,8	0,06	0,15	51,0	277,5
10 g Zitronensaft	0,03	—	0,27	8,97	3,2	4,0
1 Eigelb	2,5	4,9	0,04	7,9	—	57,0
200 g Bananen	2,6	—	45,6	147,6	400,0	200,0
30 g Rosinen	0,48	0,36	19,86	7,62	51,0	88,5
20 g Mandeln	4,28	10,6	2,6	1,26	13,2	127,4
50 g Milch	1,7	1,8	2,4	43,75	80,0	33,5
Nachmittags						
200 g Bananen	2,6	—	45,6	147,6	400,0	200,0
Abendessen						
30 g Gries	3,3	0,75	21,6	0,39	28,8	109,2
150 g Tomaten	1,35	—	5,1	119,85	165,0	49,5
100 g Äpfel	0,4	—	13,0	82,0	2,0	58,0
100 g Sahne	3,5	20,0	3,5	72,3	130,0	215,0
20 g Weizenflocken	2,32	0,32	14,46	2,52	0,7	71,8
50 g Haselnüsse	8,7	31,3	3,6	3,55	55,0	341,0
Kochsalz aus Maggi					1053,0	
	52,975	187,735	307,857	1095,75	2979,7	3384,45

Tabelle III

Mahlzeit	Eiweiß in g	Fett in g	Kohlehydrate in g	Wasser in g	Kochsalz in g	Kalorien
1. Frühstück						
300 g Kaffee	—	2,0	4,0	294,0	—	36,0
150 g Milch	5,1	5,4	7,6	131,25	0,24	100,5
120 g Brötchen	8,16	0,6	69,36	40,44	0,948	324,0
10 g Zucker	—	—	9,98	0,01	0,084	74,0
2. Frühstück						
150 g Bouillon	1,80	2,25	2,70	142,80	—	39,0
80 g Brötchen	5,44	0,4	46,24	36,56	0,632	216,0
1 Ei	5,60	5,30	0,30	32,80	0,084	74,0
Mittagessen						
200 g Reissuppe	2,40	1,20	10,0	184,60	—	62,0
125 g Lendenbeefsteak	32,38	4,38	—	85,50	0,173	173,75
200 g Mohrrüben	2,20	9,20	15,40	170,0	0,110	170,0
165 g Kartoffeln	3,47	0,17	34,65	124,08	—	156,75
100 g Birnenkompott	0,20	—	13,10	86,70	0,019	55,0
Nachmittags						
80 g Brötchen	5,44	0,4	46,24	36,56	0,632	216,0
10 g Zucker	—	—	9,98	0,01	—	41,0
300 g Kaffee	—	2,0	4,0	294,0	—	36,—
100 g Milch	3,40	3,60	4,80	87,50	0,160	67,0
Abendessen						
150 g Graubrot	11,25	0,45	77,70	57,75	0,615	369,0
70 g Cervelatwurst	16,73	32,13	—	16,94	2,800	367,5
10 g Zucker	—	—	9,98	0,01	—	41,0
300 g Tee	0,20	0,07	—	299,8	—	—
90 g Apfelsinen	0,72	—	0,88	75,87	0,006	55,0
Buttertagesmenge	0,77	92,07	—	16,28	0,693	862,4
	105,26	161,32	378,21	2313,46	7,096	3535,90

Während der ganzen Versuchsreihe unterzog sich die Versuchsperson durchschnittlicher geistiger und erheblicher körperlicher Anstrengungen.

Der Tageslauf spielte sich etwa folgendermaßen ab:

5.30 Uhr Aufstehen,
6 — 8 Uhr Untersuchung der Tagesausscheidungen,
8 Uhr Frühstück, anschließend Kollegbesuch und weitere Untersuchungen,
13 Uhr Mittagessen,
14-15 Uhr Spaziergang, anschliełend Kollegbesuch,
19 Uhr Abendessen, anschließend Studienarbeit.
Außerdem nebenbei körperliche und geistige Arbeit bei politischer Betätigung.

Während der Rohkostperiode wurde eine Nahrung von 3232.35 Kalorien eingenommen. Die Verteilung der Nährstoffe war folgende:

Eiweiß:	55.65 g
Fett:	161.155 g
Kohlehydrate:	322.937 g
Kochsalz:	1.5258 g

Während der Kochkostperiode:

Eiweiß:	52.975 g
Fett:	187.735 g
Kohlehydrate:	307.857 g
Kochsalz:	2.979 g
Kalorien:	3384

In dem angegebenen Kochsalzwert ist das im Maggi enthaltene NaCl mit einbegriffen. Dazu kam vom 10. Tag der Kochkostperiode ab eine Kochsalzzugabe von 5 g und später 10 g.

Die Werte während der abschließenden gemischten Kochkostperiode waren:

Eiweiß:	105.26 g
Fett:	161.32 g
Kohlehydrate:	378.21 g
Kochsalz:	7.096 g
Kalorien:	3536

Die drei verschiedenen Kostformen waren also in ihrem Energiewert fast gleichwertig. Der Unterschied zwischen der kalorisch niedrigsten und der kalorisch höchsten Form betrug knapp 300 Kalorien. Der Nährstoff und Kaloriengehalt wurde jedesmal für die Tagesmenge errechnet. Für diese Bestimmungen benutzten wir die Tabellen von Schwenkenbecher und Schall-Heisler.

Die Nahrungsaufnahme und die Körperausscheidungen wurden täglich peinlichst genau bestimmt. Das Körpergewicht der Versuchsperson wurde jeden Morgen nach Stuhl- und Urinentleerung vor dem ersten Frühstück auf einer Dezimalwage festgestellt. Während der einzelnen Versuchsperioden wurden mehrmals Grundumsatzbestimmungen ausgeführt.

Die Ausscheidungen, also Urin und Stuhl, wurden in ihren Tagesmengen gesammelt und nach den verschiedensten Gesichtspunkten hin untersucht.

Im Urin stellten wir folgende Untersuchungen an:

Zunächst wurde der Tagesurin, d. h. der Urin, der von morgens nach dem ersten Frühstück gelassen wurde, in einem Meßgefäß gesammelt. Von diesem Tagesurin wurden dann Menge, Reaktion und spezifisches Gewicht bestimmt.

Sodann nahmen wir die genaueren Untersuchungen vor. Bei der äusserst eiweißarmen Ernährungsweise, die die Versuchsperson durchführte, mußten die Untersuchungen, die ein Bild über den Eiweißstoffwechsel geben, am meisten interessieren. Denn aus ihnen konnte man ja ersehen, ob mit der verabreichten Nahrung Eiweiß angesetzt wurde, ob Stickstoffgleichgewicht bestand, oder aber ob körpereigenes Eiweiß zu Verlust ging. Aus diesen Ueberlegungen heraus untersuchten wir zunächst die Gesamtstickstoffausscheidung im Tagesurin. Hierbei bedienten wir uns der Kjeldahl'schenMikromethode. Ferner bestimmten wir die Ammoniakausscheidung nach der Methode Weber-Krane. Den Stickstoffgehalt des mit dem Urin ausgeschiedenen Ammoniaks bestimmten wir schließlich rechnerisch.

Im Stuhl bestimmten wir ebenfalls täglich die Gesamtmenge des mit dem Stuhl ausgeschiedenen Stickstoffs nach Kjeldahl.

Wenn wir nun von der mit der Nahrung zugeführten Stickstoffmenge die Werte abziehen, die wir aus den Gesamtausscheidungen errechnen, so bekommen wir ein klares Bild über die Stickstoffbilanz der Versuchsperson.

Weiter war es von Interesse, festzustellen, ob auf Grund der pflanzlichen Kost die Reaktionsverhältnisse im Harn sich änderten. Deshalb bestimmten wir täglich die Wasserstoffionen-Konzentration mit der Indikatorenreihe nach Michaelis und den Säureüberschuß nach der Methode von Michaelis-Henderson in der Modifikation von Brock.

Um über die Nahrungsausnutzung weitere Aufschlüsse zu erhalten, bestimmten wir täglich den Brennwert des Kotes im Fischer'schen Kalorimeter. Hierbei gingen wir folgendermaßen vor:

Die täglich abgesetzte Stuhlmenge wurde frisch gewogen. Dann wurde sie auf dem Wasserbad bis zur Gewichtskonstanz eingedampft;

das Gewicht des Trockenstuhls wurde wiederum bestimmt. Die Differenz im Gewicht des frischen und des eingedampften Stuhls bedeutete die Wasserausscheidung mit dem Stuhl. Der Trockenstuhl wurde dann in einem Mörser fein zerrieben. Von der pulverartigen Masse wurden Preßstücke hergestellt, und diese Preßstücke dann im Kalorimeter verbrannt, nachdem sie vorher genauestens gewogen waren. Zur Stickstoffbestimmung wurde ebenfalls der Trockenstuhl verwandt.

Nachdem wir so aus der Nahrungsaufnahme und der Untersuchung der Körperausscheidungen uns ein Bild über den Stoffwechsel der Versuchsperson gemacht hatten, wurden nebenher mehrmals in Abständen von mehreren Tagen Grundumsatzbestimmungen früh morgens in nüchternem Zustand ausgeführt. Durch diese Untersuchungen vervollständigten wir das Stoffwechselbild unserer Versuchsperson.

Untersuchungsergebnisse

Nachdem ich im Vorhergehenden die Art und Weise geschildert habe, wie unser Ernährungsversuch vor sich ging, und nachdem ich die verschiedenen Gesichtspunkte aufgezeigt, nach denen wir unsere Untersuchungen durchführten, komme ich jetzt zur Besprechung der Untersuchungsergebnisse.

Zunächst möchte ich über den Einfluß der pflanzlichen Ernährungsweise auf die Versuchsperson im allgemeinen berichten.

Unsere Versuchsperson hatte sich bis zum Beginn des Ernährungsversuches stets und ohne Ausnahme von gemischter Kost ernährt. Etwa die letzten drei Monate vor Beginn der Versuchsperiode hatte sie das Mittagessen in einer Speisewirtschaft zu sich genommen. Die Speisen waren dort ziemlich stark gewürzt. Der Kaloriengehalt war wohl ausreichend, aber sicher nicht übermäßig. Genaues über diesen Punkt kann leider nicht in Erfahrung gebracht werden. Abends wurde meistens das übliche Studentenessen auf der „Bude" verzehrt. Als erstes Frühstück gab es Milchkakao und zwei Brötchen mit Butter; nachmittags wurde meistens Milchkaffee getrunken; dazu gab es wiederum zwei Butterbrötchen. Alkohol- und Kaffeegenuß hielten sich in mittleren Grenzen.

Von dieser Ernährung zu der oben geschilderten Rohkost war der Uebergang unvermittelt und schroff.

Die Erscheinungen, die nach Beginn der für die Versuchsperson neuartigen Ernährungsweise sich einstellten, waren trotzdem auffallend gering.

In den ersten Tagen wurde die Rohkostnahrung als äußerst wohlschmeckend empfunden. Hierbei hat sicher der Reiz des Neuen eine große Rolle gespielt. Nach etwa 8 bis 10 Tagen erschienen die gereichten Speisen erheblich weniger schmackhaft; das lag zum Teil daran, daß wir, um möglichst exakte Ergebnisse zu erzielen, keinen sehr abwechslungsreichen Küchenzettel aufstellen konnten. Die Jahreszeit (die Unter-

suchungen wurden in den Monaten Februar-März vorgenommen) gab uns ja auch nur eine sehr beschränkte Auswahl unter den pflanzlichen Nahrungsmitteln. Zum Teil muß man aber sicher den verhältnismäßig geringen Gehalt der Rohkost an „Saftlockern", die ja der gemischten Nahrung je nach der individuellen Geschmacksrichtung des einzelnen in Gestalt von Gewürzen zugesetzt werden, dafür verantwortlich machen, daß die Schmackhaftigkeit der Pflanzenkost so bald nachließ. Immerhin trat während der Rohkostperiode nicht ein einziges Mal Widerwillen gegen die gereichten Speisen auf.

Gleich in den ersten Tagen des Ernährungsversuches kam bei der Versuchsperson ein Gefühl auf, das ich als „Kaumuskelkater" bezeichnen nen möchte. Wir alle kennen die Tatsache, daß nach ungewöhnlicher Beanspruchung einer einzelnen Muskelgruppe heftige ziehende Schmerzen in den betreffenden Partien auftreten. Wir kennen diese Erscheinung nach einem langen Marsch, nach der ersten Reit- oder Gymnastikstunde und nach ähnlichen Anlässen. Nun wird ja durch die Rohkost die Kaumuskulatur erheblich mehr angestrengt als durch die infolge des Kochens und anderer küchentechnischer Prozesse aufgeweichte gewöhnliche Nahrung. Am dritten Tag der Rohkostperiode verspürte die Versuchsperson an der Kaumuskulatur dieselben Erscheinungen, wie ich sie oben als Muskelkater bezeichnet habe. Es traten beim Kauen ziehende Schmerzen in den Kaumuskeln auf; ja es kam soweit, daß die Masseteren beiderseits erheblich druckempfindlich waren. Nachdem diese Erscheinungen drei Tage bestanden hatten, verschwanden sie wieder, d. h., die Kaumuskulatur hatte sich auf die neuartige Beanspruchung eingestellt.

Eine weitere interessante Erscheinung war folgende: Die Versuche mit Rohkost wurden im Februar 1932 durchgeführt; die Außentemperatur lag also meist um den Nullpunkt. Während dieser Zeit hatte die Versuchsperson den bestimmten Eindruck, als ob sie kälteempfindlicher wäre, als bei gewöhnlicher Kochkost. Beim Uebergang zur gekochten Pflanzennahrung fiel diese Erscheinung sofort weg.

Weiterhin konnte ich feststellen, daß während der Versuchsperiode mit pflanzlicher, sowohl roher wie gekochter Nahrung, ein auffallend geringes Flüssigkeitsbedürfnis vorhanden war. Wir hatten zuerst in unserem Küchenzettel eine bestimmte, nicht sehr große Menge Traubensaft mit aufgenommen. Nach einigen Tagen verzichtete die Versuchsperson spontan auf diese Beigabe; denn es trat nicht das geringste Durstgefühl auf. Wir setzten dann unsere Versuchsreihe fort, ohne daß auch nur ein Tropfen Flüssigkeit nebenbei getrunken wurde.

Ich habe oben erwähnt, daß die Versuchsperson vor Beginn des Ernährungsversuchs gewöhnliche Kost, meist stark gewürzte Wirtshauskost, gegessen hatte. Nachdem wir 34 Tage lang zuerst fast kochsalzfreie Rohkost, dann pflanzliche Kochkost mit steigenden, aber immer noch recht

geringen Kochsalzzugaben verabreicht hatten, trat beinahe eine Ueberempfindlichkeit gegen Kochsalz auf, als wir zur gewöhnlichen gemischten Kost wieder übergingen. Gemischte Klinikskost, die nicht stark gewürzt war, wurde fast als versalzen empfunden. Während für die Versuchsperson vor Beginn des Ernährungsversuches beispielsweise ein gekochtes Ei ohne Beigabe von Kochsalz ungenießbar erschien, glaubte sie nach Abschluß der Versuche von ebendemselben gekochten Ei erst den rechten Genuß zu haben, wenn kein Kochsalz zugegeben war. Dasselbe gilt von rohen Tomaten, welche die Versuchsperson früher nur ziemlich reichlich gesalzen aß; nach dem Ernährungsversuch glaubte die Versuchsperson nur ohne Kochsalzzusatz den eigentlichen Tomatengeschmack recht empfinden zu können. Diese Beispiele ließen sich noch für verschiedene andere Speisen erbringen; und dieses Geschmacksempfinden war nicht vorübergehend, sondern ist bis heute geblieben.

Eimer und Paul haben angegeben, daß nach den ersten Rohkosttagen eine gewisse Abgeschlagenheit und Müdigkeit aufgetreten sei. Aehnliche Erscheinungen hat Caspari bei seinen Versuchspersonen beobachtet. Diese Erscheinungen kann ich nach meinem Ernährungsversuch in keiner Weise bestätigen. Trotzdem, wie oben angegeben, manchmal erhebliche körperliche Arbeit geleistet wurde, traten außer dem „Kaumuskelkater" keinerlei Ermüdungserscheinungen auf. Im Gegenteil war das Bedürfnis nach einer Mittagsruhe, das früher oft vorhanden war, nie zu bemerken.

Eine unangenehme, etwas unbequeme Nebenerscheinung war die lange Dauer der einzelnen Mahlzeiten. Um die voluminösen Nahrungsmengen gut zerkleinert schlucken zu können, mußten die zum Teil recht harten Obst- und Gemüsesorten natürlich viel besser gekaut werden, als die weichen gekochten Speisen. So kam es, daß eine Mittagsmahlzeit oft eine Stunde lang dauerte. Dieser Umstand wurde natürlich als unbequem empfunden.

Auffallend war selbstverständlich die Vermehrung der Stuhlmenge, eine unangenehme Erhöhung des Stuhldranges wurde jedoch nie bemerkt. Ebensowenig konnte ich eine Vermehrung der Flatulenz feststellen, wie sie von einigen Autoren beschrieben worden ist. Dagegen trat nach Rückkehr zur gemischten Kost eine heftige Obstipation auf, die erst nach vier Tagen verschwand.

Einen erheblichen Unterschied im subjektiven Befinden mußte ich bald nach dem Uebergang von roher zu gekochter pflanzlicher Kost feststellen. Ich muß hier nochmals betonen, daß wir bei der gekochten Kost zunächst außer einem Maggiwürfel kein Gewürz zugaben. Während der ersten 2 Tage des neuen Versuchsabschnittes traten keine besonderen Erscheinungen auf. Im Gegenteil, das warme Essen wurde wohltuend empfunden. Am 4. Tag trat jedoch schon ein gewisser Widerwille auf, be-

sonders gegen die oben beschriebenen, sehr fetten, mit Olivenöl angemachten Grützen. Der Geschmack dieser Grützen war so fade, daß die Versuchsperson sie nur mit Widerwillen und größter Ueberwindung verzehren konnte. Am 7. Tage wurden diese Erscheinungen so stark, daß nach dem Mittagessen Uebelkeit mit Brechreiz auftrat. Die Versuchsperson fühlte sich völlig zerschlagen und lustlos. Als Folge trat eine stark erhöhte Stickstoffausscheidung im Urin auf.

Wegen des starken Widerwillens setzten wir der gekochten Pflanzenkost zunächst für einige Tage 5 g, später 10 g Kochsalz zu. Sofort war ein bedeutend erhöhtes Wohlbefinden zu bemerken. Diese Tatsache muß aber nicht unbedingt als reiner Kochsalzhunger gewertet werden. Denn es ist zu bedenken, daß bei den meisten Vegetabilien durch den Kochprozeß eine wesentliche geschmackliche Veränderung auftritt, die in der Geschichte der Kochkunst ganz zwangsläufig zur Zugabe von Gewürzen, insbesondere Kochsalz geführt hat. Daß ein Kochsalzhunger nicht bestand, geht ja schon aus der oben erwähnten Tatsache hervor, daß die Versuchsperson nach Rückkehr zur gemischten Kost nur einen Bruchteil der früher gewohnten Kochsalzmengen zu sich nahm.

Ich muß also nochmals feststellen, daß außer dem erwähnten Geschmacksunterschied eine subjektive Beeinflussung bei Kochkost im Gegensatz zur Rohkost nie bestand.

Daß ein wesentlicher Unterschied in Stuhlmenge und -beschaffenheit nicht auftrat, habe ich schon oben erwähnt.

Es läßt sich jedoch nicht leugnen, daß beim schließlichen Uebergang zur gemischten Kost eine erhebliche Steigerung des Appetits eintrat. Diese Erscheinung ist wohl zum großen Teil der Rückkehr zur altgewohnten Ernährungsweise zuzuschreiben.

Auffallend war außerdem, wie oben erwähnt, das Auftreten einer heftigen Obstipation in den ersten Tagen nach Rückkehr zu der gemischten Kost.

Nachdem ich über den allgemeinen Einfluß der verschiedenen Ernährungsarten auf den Organismus der Versuchsperson berichtet habe, will ich jetzt näher auf die einzelnen Versuchsergebnisse eingehen.

Zunächst wollen wir uns mit der Gewichtskurve (Siehe Tabelle des Gesamtergebnisses) der Versuchsperson während der verschiedenen Perioden des Ernährungsversuches beschäftigen.

Vor Beginn des Versuches bestand bei der Versuchsperson bei einer Körpergröße von 170 cm. ein Körpergewicht von 67.8 kg bei halber Kleidung. Nach dem ersten Rohkosttag trat ein Gewichtssturz von 1.6 kg auf. Dieser initiale Gewichtssturz zu Beginn von Rohkostkuren wurde schon von Eimer und Paul beschrieben. Die Autoren glauben diesen Gewichtssturz auf einen infolge der Kochsalzarmut der Rohkost auftretenden Wasserverlust zurückführen zu dürfen. Diese Ansicht kann ich an Hand meiner Untersuchungsergebnisse teilen; Denn die Urinmenge stieg

nach dem ersten Rohkosttag von 1300 ccm auf 2125 ccm, also um 825 g. Während des Versuches hielt sich sodann das Körpergewicht zwischen 65 und 66 kg. Jedenfalls konnte nicht festgestellt werden, daß bei gekochter Kost ein höheres Körpergewicht bestand als bei Rohkost. Im Gegenteil, während die Versuchsperson am Ende der Rohkostperiode 65.5 kg wog, betrug das Körpergewicht am Ende der Kochkostperiode 64.3 kg.

Ich kann mir nun nicht denken, daß dieser Gewichtsverlust von 1.2 kg infolge einer schlechteren Nährstoffbelieferung des Körpers während der Kochkostperiode zustande gekommen ist, sondern ich halte ihn für einen Zufallsbefund, denn ein Gewichtverlust von von 1.2 kg kann auch bei gemischter Kost einmal vorkommen.

Wenn wir von der Gewichtskurve sprechen, so müssen wir folgerichtig unwillkürlich an den Eiweißstoffwechsel denken; denn mit ihm steht und fällt ja das Gleichgewicht im menschlichen Gesamtstoffwechsel.

Schon in der Einleitung habe ich betont, daß der große Streit der Ernährungsforscher in der Hauptsache darum ging, ob es möglich ist, dem menschlichen Organismus bei pflanzlicher Ernährung und besonders bei Rohkost so viel vom Verdauungstraktus ausnutzbares Eiweiß zuzuführen, daß die Stoffwechselbilanz zufriedenstellend ausfällt.

Wir haben bei Durchsicht der einschlägigen Ernährungsliteratur gesehen, daß die meisten Forscher diesen Gedanken von vorneherein ablehnen. Wie fest eingefleischt diese Ansicht war und auch heute noch ist, das zeigen uns die Veröffentlichungen von Rubner und von von Noorden auch noch aus den letzten Jahren.

Nun hat aber Eimer in seinen Untersuchungen, die er zusammen mit Paul anstellte, an 3 Versuchspersonen gleichzeitieg festgestellt, daß es durchaus möglich ist, bei eiweißarmer Rohkost im Stoffwechselgleichgewicht zu bleiben, selbst wenn man sich gleichzeitig erheblichen körperlichen Anstrengungen unterzieht.

Gerdaezuals experimentellen Kronzeugen können wir Heupke auf Grund seiner Untersuchungen betrachten. Denn er hat ja ganz klar und eindeutig mit seinen Versuchen erwiesen, daß es gar nicht notwendig ist, die Pflanzenkost durch irgendeinen Kochprozeß vorzubereiten, damit der menschliche Verdauungssaft die im Zelleninnern ruhenden Nährstoffe für den Organismus nutzbar machen kann, sondern daß die Fermente des menschlichen Körpers sehr wohl imstande sind, die einzelnen Nährstoffe und vor allen Dingen auch das Eiweiß aus den unveränderten Pflanzenzellen herauszuverdauen.

Bei der Fragestellung, die meinem Ernährungsversuch zu Grunde liegt, mußte also der letzte Beweis erbracht werden können für folgende wichtige Ernährungsfragen:

1. Sind die Befunde, die Eimer zusammen mit Paul erhoben hat, nur für diesen allerdings durch drei Versuchspersonen belegten Einzelfall geltend?

Tabelle der Gesamtergebnisse

Datum	Körpergewicht	Menge und spez. Gew.	Urin		Säureüberschuß	Gesamt N	N im Stuhl	Stuhl Brennwert ds. ges. Trokkenstuhl.	Bemerkungen
			Reaktion	pH					
5. 2. 32	67,8	1300/1016	sauer	5,7	25	8,73			Normalkost
6. 2.	66,2	2125/1014	„	6,8	7	6,54			„
7. 2.	66,5	750/1021	„	6,2	21	5,88	2,693		Rohkost
8. 2.	66,5	700/1024	„	6,6	7	5,096	2,73475		3775 Kal
9. 2.	66,5	1020/1018	„	6,8	18	5,712	4,07691		„ „
10. 2.	66,4	1000/1018	„	6,8	18	5,18	3,22552	406	„ „
11. 2.	66,5	950/1019	„	6,6	13	5,32	3,343066	406	„ „
12. 2.	66,4	1200/1015	„	6,8	13	4,032	3,64551	427	„ „
13. 2.	66,0	1175/1017	„	6,6	13	7,567	2,71363	391	Rohkost
14. 2.	65,9	850/1017	„	6,6	10	4,998	3,24807	439	3232 Kal
15. 2.	66,2	620/1025	„	6,4	27	6,249	2,77902	413	„ „
16. 2.	66,0	700/1020	„	6,6	17	5,318	2,71850	317	„ „
17. 2.	66,0	600/1025	„	6,8	19	5,712	2,19760	361	„ „
18. 2.	66,0	550/1027	„	6,6	20	4,312	2,47150	345	„ „
19. 2.	66,0	500/1027	„	6,6	23	6,440	2,88493	435	„ „
20. 2.	65,6	945/1020	„	6,6	14	6,879	2,42961	362	„ „
21. 2.	65,5	850/1019	„	6,6	15	5,236	2,51899	359	„ „
22. 2.	65,5	830/1018	„	6,6	6	5,345	2,01	312	Kochkost salzlos
23. 2.	65,6	1150/1015	„	6,8	7	5,90	2,32	384	+ 5 g Suppenwürze
24. 2.	65,5	735/1022	„	7,0	8	4,93	2,52	410	(= 1,05 g NaCl)
25. 2.	65,3	1250/1015	„	6,7	5	5,60	2,11	314	„ „
26. 2.	65,3	900/1018	„	6,8	7	4,78	5,25	235	„ „
27. 2.	65,4	1000/1021	alkalisch	7,2	3	5,88	1,58	382	„ „

Datum	Körper-gewicht	Menge und spez. Gew.	Urin		Säure-über-schuß	Gesamt N	N im Stuhl	Stuhl Brenn-wert ds. ges. Trok-kenstuhl.	Bemerkungen
			Reaktion	pH					
28. 2. 32	65,3	1850/1015	sauer	6,8	5	7,77	2,57	272	Erbrechen
29. 2.	65,6	550/1025	„	6,5	22	4,77	1,89	410	Uebelkeit nach dem
1. 3.	65,3	1050/1017	„	6,8	7	5,29	2,61	367	Mittagessen
2. 3.	65,5	600/1028	„	7	7	5,20	2,50	342	Kochkost + 5 g Suppenwürze + 5 g NaCl
3. 3.	65,7	650/1034	„	7	12	6,18	2,42	446	Kochkost + 5 g Suppenwürze + 10 g NaCl
4. 3.	65,8	880/1027	„	6,8	11	7,39	2,36	358	„ „
5. 3.	65,8	840/1028	„	6,8	12	5,88	2,29	298	„ „
6. 3.	65,5	1450/1020	„	6,8	7	6,49	2,15	298	„ „
7. 3.	65,5	1075/1022	„	6,8	8	4,81	2,82	374	„ „
8. 3.	65,1	1150/1025	„	6,8	7	5,79	2,36	295	„ „
9. 3.	64,7	1250/1024	„	6,8	8	6,65	2,76	369	„ „
10. 3.	64,3	1150/1030	„	7	11	10,30	0,91	102	Normalkost
11. 3.	64,0	1750/1016	„	6,3	8	8,82	2,30	219	(starke Obstipat.)
7. 4.	65,0	800/1028	„	6,1	24	6,96	1,13	97	„ „
8. 4.	66,1	1100/1031	„	6,3	28	13,86	2,08	107	„ „
9. 4.	66,3	1250/1023	„	6.0		12,25	2,62	155	„ „

2. Wird durch das Kochen der Pflanzennahrung eine bessere Ausnützungsmöglichkeit der einzelnen Nährstoffe erzielt?

3. Sind die Ergebnisse, die Heupke bei seinen experimentellen Untersuchungen an einzelnen Nahrungsmitteln erzielt hat, auch auf den Ernährungsversuch am Menschen selbst anzuwenden?

Diese Fragen müssen ihre Beantwortung nach der einen oder nach der anderen Seite hin finden. auf Grund der Untersuchungen des Eiweißstoffwechsels während unseres Ernährungsversuches.

Wie aus den Tabellen ersichtlich ist, verabreichten wir mit der Pflanzennahrung sowohl im rohen wie im gekochten Zustand gleichbleibend etwa 50 g Eiweiß. Es handelte sich also um eine ziemlich eiweißarme Kost. Die Werte, die wir bei den verschiedenen Versuchsperioden für die Stickstoffausscheidungen fanden, waren folgende: Mit dem Urin wurden durchschnittlich 6 g N ausgeschieden. Der niedrigste Stickstoffausscheidungswert war 4.032 g, der höchste 7.770 g während der gesamten Pflanzenkostperiode. Letzterer Wert ist aber als Grenzwert nicht anzusehen, da an diesem Tage, wie schon oben erwähnt, das Allgemeinbefinden der Versuchsperson infolge des Widerwillens gegen die sehr wenig schmackhaft gekochte Pflanzenkost schlecht war. Der nach diesem höchste Wert liegt bei 7.567 g N. Während der Rohkostperiode schwankte die Stickstoffausscheidung im Urin zwischen 4.032 g und 7.567 g. Im Durchschnitt lag sie bei 5.8 g N. Während der Kochkostperiode wurden, wenn man den Einzelwert von 7.770 g unberücksichtigt läßt. 4.774 bis 7.392 g Stickstoff mit dem Urin ausgeschieden. Der Durchschnittswert beträgt während dieser Periode etwa 5.7 g N. Wir haben auch den Stickstoffgehalt der täglichen Stuhlentleerungen bestimmt, weil man ja nur dann ein wirkliches Bild von dem Stoffwechsel während eines Ernährungsversuches bekommen kann, wenn man sowohl den Urin wie den Stuhl untersucht. Während der gesamten Versuchsreihe mit Pflanzenkost wurden mit dem Stuhl 1.580 bis 5.257 g N ausgeschieden. Zu bemerken ist hierbei, daß der niedrigste Wert am Tage nach dem höchsten Wert errechnet wurde. Im Durchschnitt waren es 2.8 bis 3 g N. Während der Rohkostperiode fanden sich im Stuhl 2.197 bis 4.067 g N. Der Gesamtdurchschnitt liegt hier bei 2.6 bis 2.8 g. Während der Versuche mit gekochter Pflanzenkost schwankte die N-Ausscheidung im Stuhl zwischen 1.894 und 2.824 g, wenn man den oben erwähnten niedrigsten und höchsten Wert, die an aufeinanderfolgenden Tagen errechnet wurden, unberücksichtigt läßt. Der Durchschnittswert liegt also hier bei 2.4 g N. Es wurden also im Stuhl während der Rohkostperiode etwas höhere Stickstoffwerte errechnet als während der Versuche mit gekochter Pflanzenkost. Wenn man aber bedenkt, daß während der Rohkostperiode die Bakterienflora im Darm sicher größer ist als bei gekochter Nahrung, so fällt das Mehr an Stickstoff von 0.4 bis 0.6 g nicht allzu sewer ins Gewicht.

Neben diesen Werten der Stickstoffausscheidung in Stuhl und Urin müssen die Brennwerte im Stuhl während des Ernährungsversuches interessieren. Wir fanden als höchsten Brennwert während der gesamten Versuchsreihe mit pflanzlicher Nahrung 446 Kalorien. Der niedrigste Brennwert betrug 235 Kalorien. Der Durchschnittswert lag während der Rohkostperiode bei 388 Kalorien, bei der gekochten Pflanzenkost bei 345 Kalorien. Es fand sich also, an dem Brennwert der Nahrung gemessen, bei Rohkost ein etwas mehr als 1 % höherer Brennwert im Stuhl als bei gekochter pflanzlicher Kost.

Zur genauen Feststellung des Eiweißstoffwechsels habe ich eine Stickstoffbilanz aufgestellt (Tabelle IV). Aus dieser Tabelle geht hervor, daß wesentliche Einbußen an körpereigenem Stickstoff während der gesamten Versuchsperiode nicht aufgetreten sind. Die Versuchsperson nahm mit der Nahrung während der Rohkostperiode 8.9 g N zu sich. Die Gesamtausfuhr, auf Urin und Stuhl verteilt, betrug 6.78 bis 9.78 g N. Der Mittelwert wurde mit 8.24 g N errechnet. Viermal wurden während der Rohkostperiode Stickstoffeinbußen erlitten. Die Einbußen waren aber jedesmal äußerst gering. In die Stickstoffausfuhrwerte sind nicht mit einbegriffen die Zahlen für die Stickstoffausfuhr durch die Haut. Dieser Wert, den andere Autoren mit etwa 0.5 g angenommen haben, kann aber unberücksichtigt bleiben. Denn in den Werten für den Stuhl-N sind ja auch nicht die Werte vorhanden, die aus dem Bakteriengehalt des Darms resultieren. Diese Werte sind bei pflanzlicher und insbesondere bei Rohkost erhebliche. Sie sind aber sicher so groß, daß durch ihren Abzug vom Stuhl-N die Werte für N-Ausscheidungen durch die Haut ausgeglichen würden. Wenn wir unter diesen Gesichtspunkten die Stickstoffbilanz während der Rohkostperiode betrachten, so können wir sagen, daß Stickstoffgleichgewicht bei der Versuchsperson bestanden hat. Es traten zwar vereinzelt Einbußen auf, die aber an den darauf folgenden Tagen durch größeren Stickstoffansatz wieder gutgemacht wurden. Mit Sicherheit kann jedenfalls gesagt werden, daß körpereigener Stickstoff nicht zu Verlust ging. Der Stoffwechsel der Versuchsperson war ausbalanziert. Die mit der Rohkost angebotenen Eiweißmengen genügten, um ein geregeltes Funktionieren des Organismus zu ermöglichen. Diese Tatsache wird, wie die oben beschriebene Gewichtskurve zeigt, durch diese und, wie wir noch sehen werden, durch die Grundumsatzbestimmungen bestätigt.

Während der Versuchsperiode mit gekochter Pflanzenkost betrug der Stickstoffgehalt der Nahrung 8.4 g N. Die Gesamtausscheidung schwankte zwischen 6.46 und 10.04 g N. Letzterer Wert wurde an dem Tag errechnet, an dem, wie oben erwähnt, starkes körperliches Unbehagen auf Grund der geringen Schmackhaftigkeit der gereichten Nahrung aufgetreten war. Der Mittelwert für die Gesamtstickstoffausscheidung beträgt 8.24 g. Er liegt also nur um 0.16 g unter dem Wert. für den mit der Nahrung aufgenommenen Stickstoff. Erhebliche Stickstoffeinbuße trat

Tabelle IV. Stickstoffbilanz

Kostform	Datum	Zufuhr von Eiweiß in g	Zufuhr von Stickstoff in g	Stickstoffausfuhr in Harn	Stickstoffausfuhr in Stuhl	Gesamt N Ausfuhr	Bilanz (Ansatz +) (Verlust —)
Rohkost							
	7. 2.	55,6	8,9	5,88	2,69	8,57	+ 0,33
	8. 2.	55,6	8,9	5,09	2,73	7,83	+ 1,07
	9. 2.	55,6	8,9	5,71	4,07	9,78	— 0,88
	10. 2.	55,6	8,9	5,18	3,22	8,40	+ 0,50
	11. 2.	55,6	8,9	5,32	3,34	8,66	+ 0,24
	12. 2.	55,6	8,9	4,03	3,64	7,67	+ 1,23
	13. 2.	55,6	8,9	7,56	2,71	10,27	— 1,37
	14. 2.	55,6	8,9	4,99	3,24	8,24	+ 0,66
	15. 2.	55,6	8,9	6,24	2,77	9,02	— 0,12
	16. 2.	55,6	8,9	5,31	2,71	7,03	+ 1,87
	17. 2.	55,6	8,9	5,71	2,19	7,91	+ 0,99
	18. 2.	55,6	8,9	4,31	2,47	6,78	+ 2,12
	19. 2.	55,6	8,9	6,44	2,88	9,32	— 0,42
	20. 2.	55,6	8,9	6,87	2,42	9,30	— 0,40
	21. 2.	55,6	8,9	5,23	2,51	7,75	+ 1,15
Kochkost							
	22. 2.	52,6	8,4	5,34	2,01	7,35	+ 1,55
	23. 2.	52,9	8,4	5,90	2,32	8,22	+ 0,68
	24. 2.	52,9	8,4	4,93	2,52	7,45	+ 0,95
	25. 2.	52,9	8,4	5,60	2,11	7,71	+ 0,69
	26. 2.	52,9	8,4	4,78	5,25	10,03	— 1,63
	27. 2.	52,9	8,4	5,88	1,58	7,46	+ 0,94
	28. 2.	52,9	8,4	7,77	2,57	10,44	— 2,04
	29. 2.	52,9	8,4	4,77	1,89	6,56	+ 1,84
	1. 3.	52,9	8,4	5,29	2,61	7,90	+ 0,50
	2. 3.	52,9	8,4	5,20	2,50	7,70	+ 0,70
	3. 3.	52,9	8,4	6,18	2,42	8,60	— 1,20
	4. 3.	52,9	8,4	7,39	2,36	9,75	— 1,35
	5. 3.	52,9	8,4	5,88	2,29	8,17	+ 0,23
	6. 3.	52,9	8,4	6,49	2,15	8,64	— 0,24
	7. 3.	52,9	8,4	4,81	2,82	7,63	+ 0,77
	8. 3.	52,9	8,4	5,79	2,36	8,15	+ 0,25
	9. 3.	52,9	8,4	6,65	2,76	9,41	— 1,01
Normalkost							
	10. 3.	105,2	16,8	10,30	0,91	11,21	+ 5,59
	11. 3.	105,2	16,8	8,82	2,30	11,12	+ 5,68
	7. 4.	105,2	16,8	6,96	1,13	8,09	+ 5,71
	8. 4.	105,2	16,8	13,86	2,08	15,94	+ 0,86
	9. 4.	105,2	16,8	12,25	2,62	14,87	+ 1,93

nur an dem schon oben erwähnten Tag auf. Es gingen an diesem Tag 2.04 g N zu Verlust. Sonst waren nur ähnliche geringe Einbußen zu verzeichnen wie bei der Rohkostperiode. Im Ganzen gesehen bestand bei gekochter Pflanzennahrung ebenfalls Stickstoffgleichgewicht.

Sehr wesentlich ist nun ein Vergleich zwischen beiden Versuchsabschnitten hinsichtlich des Eiweißstoffwechsels. Denn von Noorden, Rubner und andere Autoren stehen doch bis heute auf dem Standpunkt, daß gerade die Eiweißausnutzung bei Rohkost unbefriedigend sei und daß in Bezug auf Erlangung des Stickstoffgleichgewichtes die Rohkost der gekochten Kost weit unterlegen sei. Diese Anschauung kann auf Grund der geschilderten Untersuchunsergebnisse als widerlegt angesehen werden. Denn wir ersehen beim Betrachten der Tabelle V folgendes :

Tabelle V

	Rohkost	Kochkost	Kochkost mit 5,0 g NaCl
N-Zufuhr	8,9 g	8,4 g	8,4 g
Harn-N im Mittel	5,8 g	5,59 g	6,06 g
Stuhl-N im Mittel	2,66 g	2,54 g	2,46 g
Brennwert der Nahrung	3232 Kal.	3384 Kal.	3384 Kal.
Brennwert d. Trockenstuhls je Tag	389 Kal.	343 Kal.	347 Kal.

Während der Rohkostperiode nahm die Versuchsperson 8.9 N mit der Nahrung zu sich. Der Mittelwert für die Gesamtausscheidung beträgt bei Rohkost 8.24 g N. Zwischen diesen Werten besteht also eine Differenz von 0.66 g zu Gunsten der Einfuhr. Bei gekochter Pflanzenkost lauten die entsprechenden Werte 8.4 g und 8.24 g. Die Differenz beträgt hier nur 0.16 g zu Gunsten der Einfuhr. Viermal trat bei Rohkost eine geringe Stickstoffeinbuse auf. Diese wurde aber jedesmal durch stärkeren Stickstoffansatz tags zuvor oder tags darauf wieder wettgemacht.

Betrachten wir demgegenüber die Werte während der Kochkostperiode, so will es uns scheinen, als ob die Versuchsperson sich nur an der untersten Grenze des Stickstoffgleichgewichtes befunden hätte. Denn N-Einbußen traten während dieses Abschnittes sechsmal auf, und die Differenz zwischen Mittelwert der Ausscheidung und Wert des Nahrungs-N beträgt nur 0.16 g. Dieser Schluß würde aber zweifellos zu weit führen; denn bei den N-Einbußen muß man den höchsten Wert von — 2.04 g aus den obengenannten Gründen von vorneherein als nicht verwertbar ausschließen. Im Uebrigen bestand bei gekochter Pflanzenkost ebenfalls Stickstoffgleichgewicht.

Eine bessere Ausnutzung des mit der Nahrung angebotenen Eiweißes bei Kochkost konnte somit nicht festgestellt werden. Bei einer Nahrung, die fast den gleichen Eiweiß- und Kaloriengehalt hatte, und deren einzelne Bestandteile weitgehend die gleichen waren, wurde das Eiweiß bei rohem Genuß mindestens ebenso gut, wenn nicht sogar etwas besser ausgenutzt als nach „Aufbereitung" und „Zugänglichmachung" der Speisen durch den Kochprozeß.

Zur weiteren Ergänzung meiner Untersuchungsergebnisse ist eine Tabelle V beigefügt. Auf dieser Tabelle sind einmal die Werte der Stickstoffbilanz kurz zusammengefaßt dargestellt. Ferner habe ich den Brennwert der Nahrung und den Brennwert des Stuhls bezogen auf die Tagesmenge gegenüber gestellt. Die Versuchsperiode, während der gekochte pflanzliche Kost verabreicht wurde, wurde nochmals untergeteilt in die Zeit ohne jede Kochsalzzugabe und die, während wir Kochsalz zulegten.

Die Ergebnisse der oberen Tabelle haben wir soeben besprochen. Wir wollen uns jetzt noch mit den Ergebnissen der Brennwertuntersuchungen befassen.

Während des Rohkostabschnittes hatte die Nahrung einen gleichbleibenden Brennwert von 3232 Kalorien. Der Mittelwert für den Brennwert der Stuhltagesmenge betrug 389 Kalorien. Das sind 11.6 % des Nahrungsbrennwertes. Während des Teiles der Kochkostperiode, den wir ohne Kochsalzzusatz durchführten, betrug bei einem Brennwert der Nahrung von 3384 Kalorien der entsprechende Wert für die Stuhltagesmenge im Durchschnitt 343 Kalorien. Das entspricht 10.1 %. Nach Zugabe von 5.0 g Kochsalz fanden wir bei gleichem Kaloriengehalt der Nahrung 347 Kalorien im Tagesmittel der Stuhluntersuchungen, d. h. 10.2 % des Nahrungsbrennwertes.

Es ergibt sich also aus diesen Betrachtungen, daß die kalorische Ausnutzung der Nahrung bei Kochkost um 1.5 % besser war als bei Rohkost. Ein wesentlicher Unterschied ohne und mit Kochsalzzugabe bestand bei gekochter pflanzlicher Kost nicht. Die Ausnutzung war in beiden Fällen bei Rohkost wie bei Kochkost durchaus zufriedenstellend. Denn wenn eine Nahrung bis auf den 10. Teil ihres Brennwertes ausgenutzt wird, so muß diese Nahrung als für den Organismus gut ausnutzbar angesehen werden. Es hat sich zwar gezeigt, daß hierbei die Kochkost etwas besser abschneidet als die Rohkost, doch ist dieser Unterschied von 1.5 % nicht so ins Gewicht fallend, daß man aus diesem Grund von einer schlechteren oder gar unzureichenden Ausnutzung der Rohkost sprechen könnte.

Auch in dieser Beziehung sind also die Anschauungen der oben bezeichneten Autoren widerlegt.

Aus den Untersuchungen des Eiweißstoffwechsels und des Brennwertes des Stuhles sehen wir also, daß im Eiweißstoffwechsel wie in der

Gesamtausnutzung der Nahrung ein zu Gunsten der gekochten Nahrung wirklich in die Wege fallender Unterschied nicht besteht.

Um noch einen weiteren Anhaltspunkt für das Verhalten des Gesamtstoffwechsels der Versuchsperson zu haben, wurden während jeder Versuchsperiode mehrmals Grundumsatzbestimmungen durchgeführt. Auch hier zeigte es sich, daß der Gesamtstoffwechsel bei Rohkost gegenüber der Kochkost nicht verändert ist.

Neben den eben geschilderten Untersuchungen, die für unsere Fragestellung am wichtigsten waren, haben wir noch Untersuchungen über die Reaktionsverhältnisse im Harn bei der verschiedenen Ernährungsweise angestellt. Wir haben die Reaktion des Harns, den Säureüberschuß und Wasserstoffionenkonzentration geprüft.

Der Urin reagierte mit Ausnahme eines Tages auf Lackmus immer sauer. Der Wert für die Wasserstoffionenkonzentration (pH) lag während der Rohkost im Durchschnitt bei 6.6; bei gekochter Kost betrug der Durchschnittswert 6.8. Der Säureüberschuß betrug bei Rohkost im Durchschnitt 16.5; bei gekochter 7.7. Wir sehen also, daß während der Versuchsperiode mit gekochter pflanzlicher Nahrung die Reaktionsverhältnisse sich noch mehr nach der alkalischen Seite hin verschoben haben als bei Rohkost. Während der wenigen Tage mit gemischter Kost, die wir an unseren Ernährungsversuch noch anschlossen, schlug die Reaktion des Harns wieder nach der sauren Seite um. Wir fanden pH gleich 6.3 bei einem Säureüberschuß von 17.4. Hierbei ist zu bemerken, daß der Säureüberschuß an den beiden letzten Tagen auf 24 bzw. 28 anstieg.

Schlußbetrachtungen

Ich komme zum Schluß. Der Zweck meiner Untersuchungen bestand darin, in einem Ernährungsversuch festzustellen, ob die gekochte pflanzliche Kost besser ausgenutzt wird als die Rohkost. Ich konnte feststellen, daß dies nicht der Fall ist. Denn meine Untersuchungen über die Stickstoffausscheidungen im Harn und Stuhl haben einwandfrei bewiesen, daß bei einer eiweißarmen Ernährungsweise die Versuchsperson sowohl bei gekochter pflanzlicher wie bei Rohkost sich im Stickstoffgleichgewicht befand. Ich konnte feststellen, daß ein wesentlicher Unterschied in der Ausnutzung bei roher und gekochter Kost nicht besteht. Die Grundumsatzbestimmungen zeigten, daß die Stoffwechselbilanz der Versuchsperson bei Rohkost ebenso zufriedenstellend war wie bei gekochter vegetabilischer Nahrung.

Nachdem Heupke im Experiment festgestellt hat, daß die Fermente des menschlichen Verdauungssystems imstande sind, in die Pflanzenzellen einzudringen, ohne daß diese vorher durch den Kochprozeß oder andere ähnliche Aufbereitungsarten verändert sind, habe ich durch

einen Ernährungsversuch den einwandfreien Beweiß erbringen können, daß die Rohkost ebensogut ausgenutzt wird wie die gekochten Vegetabilien. Die bahnbrechenden experimentellen Untersuchungen Heupkes finden durch das Ergebnis dieses Ernährungsversuches eine unumstößliche Unterstützung von der biologischen Seite her.

Es ist eben nicht so, wie man früher annahm, daß der Kochprozeß die Nahrung, insbesondere die pflanzlichen Nahrungsmittel aufschließen muß, um sie verdaulich zu machen. Die Ansicht Rubners und von Noordens und anderer Autoren über die Ausnutzbarkeit der Vegetabilien ist widerlegt. Und hiermit ist wahrscheinlich ein Sreit beendet, der manchmal äußerst scharfe Formen angenommen hat. Auf Grund des beschriebenen Ernährungsversuches wissen wir, daß rohe Vegetabilien ebenso gut vom menschlichen Organismus ausgenutzt werden wie gekochte.

Ich kann aber den Bericht über meinen Ernährungsversuch nicht beenden, ohne der Unterstützung zu gedenken, die ich bei Ausführung meiner Untersuchungen durch Herrn Prof. Eimer fand, ohne die meine Untersuchungen wohl nicht zum erfolgreichen Ende hätten geführt werden können. Das gleiche gilt von den überaus wertvollen Anregungen, die mir durch Herrn Geheimrat von Krehl und durch Herrn Prof. Dr. Schwenkenbecher zuteil wurden.

Literaturverzeichnis

Albu: Stoffwechsel bei vegetarischer Kost. Ztschr. f. klin. Med., Bd. 43, S. 75, 1901.

Berg, Ragnar: Eiweißbedarf und Mineralstoffwechsel bei einfachster Ernährung, 1931.

Caspari: Physiologische Studien über Vegetarismus, Pflüg. Archiv, Bd. 109, S. 473, 1905.

Eimer und Paul: Ueber den Eiweißstoffwechsel unter Rohkost bei gleichzeitigem sportlichem Training.

Ferrari: Die Ausnützung gemischter Nahrung. Pflüg. Archiv, Bd. 230, S. 215, 1932.

Biedermann: Dringen Verdauungsfermente in geschlossene Pflanzenzellen ein? Pflüg. Archiv, Bd. 174, S. 358, 1919.

Hauer: Stoffwechselversuch an einem Vegetarier, Inaug. Diss., Freiburg, 1903.

Heupke: Ueber die Verdauung der Pflanzennahrung und das Eindringen der Fermente in die geschlossenen Pflanzenzellen. M. M. W. 1933, S. 1969.

Kellner und Mori: Untersuchungen über die Ernährung der Japaner, Z. f. Biol., Bd. 25, S. 102, 1885.

Kumagava: Vergleichende Untersuchungen mit gemischter und rein vegetarischer Kost mit Berücksichtigung des Eiweißbedarfs, Virchows Archiv, Bd. 116, S. 370.

v. Noorden-Salomon: Handbuch der Ernährungslehre, S. 478 ff. Berlin 1920, S. 895 ff.

Rubner: Der Energiewert der Nahrung des Menschen. Z. f. Biol., Bd. 42, S. 261, 1901.

Rubner: Verdaulichkeit der Mohrrüben, des Wirsingkohls usw., Archiv f. An. und Phys., 1916, S. 212.

Lissaer: Ueber den Bakteriengehalt menschlicher und tierischer Faezes. Archiv f. Hyg., Bd. 58, S. 136, 1906.

Lohrisch: Ueber die Bedeutung der Zellulose für den Haushalt des Menschen. Z. f. phys. Chemie, Bd. 47, S. 200, 1906.

Lohrisch: Ueber die Verdauung und Verwertung der Rohfaser usw., Zentralblatt für Stoffwechsel, 1907, S. 801.

Rumpf und Schumm: Ueber den Stoffwechsel eines Vegetariers. Zeitschr. f. Biol., Bd. 39, S. 153, 1900.

Schmidt: Ueber Gemüseverdauung bei Gesunden und Kranken und die zerkleinerte Funktion des Magens, D. M. W., Bd. 1, S. 435, 1911.

Taniguti: Einige Versuche mit der jap. Reiskost. Arbeit aus d. k. jap. Militärärztlichen Lehranstalt, Bd. 1, Tokio 1892.

Voit und Constantinidi: Untersuchungen über die Kost eines Vegetariers. Z. f. Biol., Bd. 25, S. 232.

Lebenslauf

Ich wurde am 7. April 1909 als zweiter Sohn des praktischen Arztes, Dr. med. Hans Barth, in Hersfeld geboren. Nach Ablegung der Reifeprüfung am staatlichen Gymnasium zu Hersfeld Ostern 1927 studierte ich in Tübingen. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich in Tübingen am 30. April 1930. Meine vorklinischen Lehrer waren: Geiger, Gerlach, Harms, Heidenhain, Knoop, Kohlrausch, Lehmann, Meisenheimer, Oertel.

Nach bestandener Vorprüfung studierte ich in Leipzig, Freiburg i. Br., Tübingen, Marburg. Meine klinischen Lehrer waren in Leipzig: Gros, Hueck, Klinge, Morawitz, Payr, S'oen; in Freiburg: Aschoff, Pankow, Rehn, Schneider, Thannhauser, Uhlenhuth; in Tübingen: Birk, Gänsslen, Kirschner, Linser, Mayer, Otfried Müller, Stock, Wolf; in Marburg: Baur, Eimer, Göppert, Grüter, Freudenberg, Kehrer, Klapp, Klewitz, Kretschmer, Naujoks, Pfannenstiel, Ruete, Schwenkenbecher, Uffenorde, Versé, Wiedhopf .

Die ärztliche Prüfung bestand ich am 27. 1. 1933 in Marburg.

Das praktische Jahr absolvierte ich an der Medizinischen Universitätsklinik in Marburg.

Am 15. Februar 1934 erhielt ich meine Approbation als Arzt.

Vom 1. März bis 1. September 1934 arbeitete ich als Assistenzarzt am Städtischen Krankenhaus Siegen i. Westf. Seit dem 1. Oktober 1934 bin ich Assistenzarzt der Universitätskinderklinik Tübingen.